

■ 面向21世纪高职高专规划教材 ■

数控机床

张家界航空工业职业技术学院 晏初宏 主编

3  机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



面向 21 世纪高职高专规划教材

数 控 机 床

主 编 晏初宏
副主编 鲍海龙
参 编 刘让贤 王文贵 张俊勇
主 审 李春雄



机械工业出版社

本书在调查研究的基础上,总结了近几年来高等职业技术教育课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法。突出了职业教育特色,紧密联系生产实际,具有广泛的实用性。全书共七章,主要介绍了数控机床的基本知识、普通数控(NC)系统、现代数控(CNC)系统、位置检测装置、数控机床的伺服系统、误差补偿机能和数控机床的机械结构等内容,各章后均附有思考题与习题。书中采用了新国标规定的名词术语,较系统地介绍了数控机床的工作原理,以及数控系统的基本知识。

本书可供高等职业技术学院、职工大学等相关专业选用,也可供大专院校和从事数控加工工作的工程技术人员参考,或作为工厂数控机床操作工人的自学教材。

本书是面向 21 世纪高职高专规划教材“计算机辅助设计与制造”专业规划教材之一,其它书籍请参见本书的封底和书末的简介。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床/晏初宏主编. —北京:机械工业出版社,
2002.8

面向 21 世纪高职高专规划教材
ISBN 7-111-10023-9

I. 数… II. 晏… III. 数控机床-高等学校:技
术学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 053759 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧
邓海平

封面设计:鞠 杨 责任印制:闫 焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·8.375 印张·326 千字

0 001—4 000 册

定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、68326677-2527

封面防伪标均为盗版

前 言

本书是高等职业技术教育“计算机辅助设计与制造”专业的规划教材,是根据国家机械局教材编辑室、机械工业出版社教材编辑室,于2000年12月在北京召开的高等职业技术教育“计算机辅助设计与制造”专业教学研讨和教材编写工作会议的精神编写的。除供高等职业技术学院、业余职工大学等相关专业选用外,也可供大专院校和从事数控加工工作的工程技术人员参考,或作为工厂数控机床操作工人的自学教材。

本书根据科学事业的迅速发展对人才素质的需要而确立课程的教学内容,体现了创新意识和实践能力为重点的教育教学指导思想。在书中渗透当代科学思维,反映了当代科学事业发展对人才素质的要求。

本书在调查研究的基础上,总结了近几年来高等职业技术教育课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法。突出了高等职业教育特色,紧密联系生产实际,注重基本理论、基本知识和基本技能的叙述。编写了形式多样的例题、习题和思考题,方便教学,具有广泛的实用性。

全书共七章,分别介绍了数控机床的基本知识、普通数控(NC)系统、现代数控(CNC)系统、位置检测装置、数控机床的伺服系统、误差补偿机能和数控机床的机械结构等内容。

本书的绪论、第一章由张家界航空工业职业技术学院晏初宏老师编写,第三章由辽宁机电职业技术学院鲍海龙老师编写,第五章由陕西国防工业职业技术学院张俊勇老师编写,第四、六章由天津理工学院王文贵老师编写,第二、七章由张家界航空工业职业技术学院刘让贤老师编写,晏初宏老师任主编,鲍海龙老师任副主编。

本书由华南理工大学李春雄教授主审。参加审稿会者除编审人员外,还有天津理工学院王洪副教授、张家界航空工业职业技术学院王雪红讲师、新疆机电职业技术学校许文讲师、陕西工业职业技术学院刘向红讲师和张家口工业交通学校张秀国讲师等。他们在审稿会前和会中对书稿提出了许多宝贵的意见,在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，经验不足，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者给予批评指正。

本书是面向 21 世纪高职高专规划教材“计算机辅助设计与制造”专业规划教材之一，其它书籍请参见本书的封底和书末的简介。

编 者
于湖南张家界

目 录

前言

绪论 1

思考题与习题 10

第一章 数控机床的基本

知识 11

第一节 数控机床的工作

原理 11

第二节 数控机床的分类 13

第三节 数控机床的主要性能

指标 18

第四节 机床数控系统的计

数制 23

第五节 逻辑代数基础 32

第六节 基本逻辑部件 43

思考题与习题 65

第二章 普通数控 (NC)

系统 68

第一节 数控系统的输入输出

装置 68

第二节 控制运动轨迹的插补

原理 78

第三节 CSK6150 数控车床的

数控系统 104

思考题与习题 107

第三章 现代数控 (CNC)

系统 109

第一节 一般概念 109

第二节 软件插补方法 115

第三节 刀具补偿原理 123

第四节 控制软件 129

第五节 可编程序控制器 141

第六节 典型数控系统

简介 151

思考题与习题 155

第四章 位置检测装置 157

第一节 位置检测装置

概述 157

第二节 旋转变压器 159

第三节 感应同步器 162

第四节 光栅 167

第五节 磁栅 172

第六节 编码器 177

思考题与习题 181

第五章 数控机床的伺服

系统 182

第一节 位置控制 182

第二节 步进式伺服系统 184

第三节 鉴相式伺服系统 196

第四节 鉴幅式伺服系统 207

第五节 数字比较式伺服

系统 215

思考题与习题 218

第六章 误差补偿机能 219

第一节 齿隙补偿 219

第二节 螺距补偿	222	第二节 数控机床的主传动	
第三节 计算机数控机床的误差		系统	231
补偿	225	第三节 数控机床的进给传动	
思考题与习题	229	系统	234
第七章 数控机床的机械		第四节 回转工作台	244
结构	230	第五节 自动换刀装置	249
第一节 数控机床机械结构的		思考题与习题	256
特点	230	参考文献	257

绪 论

一、数控机床的基本概念

数控机床是由普通机床发展而来的，它们之间最明显的区别是数控机床可以按事先编制的加工程序自动地对工件进行加工，而普通机床的整个加工过程必须通过技术工人的手工操作来完成。图 0-1 所示，说明了这两者之间的主要区别。

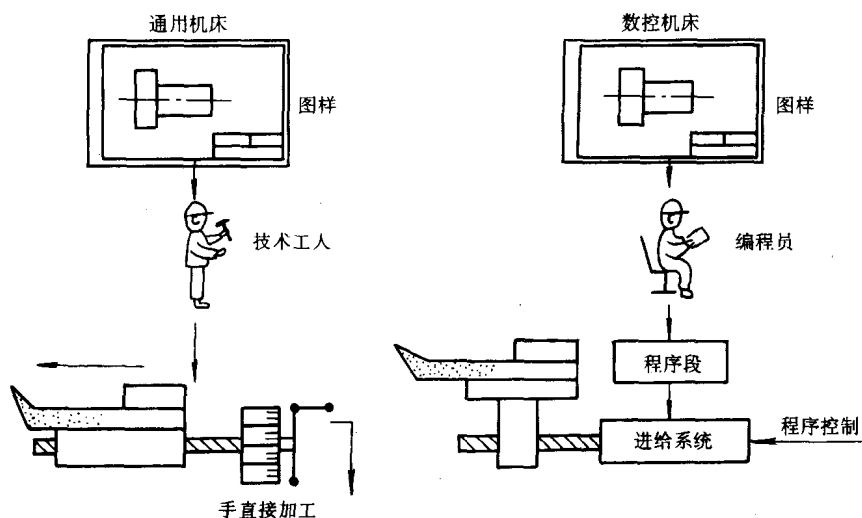


图 0-1 普通机床加工与数控机床加工的区别

数控机床又称数字控制 (Numerical Control, 简称 NC) 机床，是相对于模拟控制而言的。在数字控制系统中所处理的信息的量主要是离散的数字量，而不像模拟控制系统那样主要处理一些连续的模拟量。早期的数字控制系统是采用数字逻辑电路联结成的，而目前则是采用了计算机的计算机数控系统 (Computer Numerical Control)，即 CNC。机床数控技术就是以数字化的信息实现机床的自动控制的一门技术。其中，刀具与工件的运动轨迹的自动控制，刀具与工件相对运动的速度自动控制是机床数字控制的最主要的控制内容。

数控机床工作前，要预先根据工件的要求，确定工件加工工艺过程、工艺参数，并按一定的规则形成数控系统能理解的数控加工程序。即：将工件的几何信息和工艺信息数字化，按规定的代码和格式编制成数控加工程序。然后用适当的方式将数控加工程序输入到数控机床的数控装置中，这样便可启动机床运行数控加工程序。在运行数控加工程序的过程中，数控装置会根据数控加工程序的内容

发出各种控制命令,如起动主轴电动机、开切削液、进行刀具轨迹计算,同时向特殊的执行单元发出数字位移脉冲并进行进给速度控制,正常情况下可直到程序运行结束,工件加工完毕为止。

二、国内外数控机床发展概况

1952年美国帕森斯公司(Parsons Co.)和麻省理工学院伺服机构实验室(Serve Mechanisms laboratory of the Massachusetts Institute of Technology)合作研制成功世界上第一台三坐标数控立式铣床,用它来加工直升飞机叶片轮廓检查用样板。这是一台采用专用计算机进行运算与控制的直线插补轮廓控制数控铣床,专用计算机采用电子管元件,逻辑运算与控制采用硬件联结的电路。1955年,该类机床进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用,这就是第一代数控系统。从那时起40多年来,随着自动控制技术、微电子技术、计算机技术、精密测量技术及机械制造技术的发展,数控机床得到了迅速发展,不断地更新换代。

1959年,晶体管元件问世,数控系统中广泛采用晶体管和印制板电路,从此数控系统跨入第二代。

1965年,出现了小规模集成电路,由于其体积小,功耗低,使数控系统的可靠性得到进一步提高,数控系统从而发展到第三代。

以上三代数控机床的控制系统均为硬接线数控系统,称为普通数控系统,即NC系统。

由于当时控制计算机的价格十分昂贵,为了提高系统的性能价格比,出现了用一台计算机控制多台机床插补运算的直接数控(Direct Numerical Control)系统,即DNC系统。由于计算机负担较重,系统的可靠性和实用性均较差。

随着计算机技术的发展,出现了以小型计算机代替专用硬接线装置,以控制软件实现数控功能的计算机数控系统,即CNC系统,使数控机床进入第四代。

1970年前后,美国英特尔(Intel)公司首先开发和使用4位微处理器,1974年美、日等国首先研制出以微处理器为核心的数控系统。由于中、大规模集成电路的集成度和可靠性高、价格低廉,所以微处理器数控系统得到了广泛的应用。这就是微机数控(Micro-Computer Numerical Control)系统,即MNC系统,从而使数控机床进入第五代。

现代数控机床为了进一步扩展功能,增强实时控制能力和可靠性,常采用多微处理器结构,由多个微处理器构成功能模块,各功能模块之间的互连与通信,或采用共享总线结构,或采用共享存储器结构。

我国是从1958年开始研制数控机床的,到20世纪60年代末70年代初,已经研制出一些晶体管式的数控系统,并用于生产。但由于历史的原因,一直没有取得实质性的成果。数控机床的品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只

在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

直到 20 世纪 80 年代初,我国先后从日本、德国、美国等国家引进一些先进的 CNC 装置及主轴、伺服系统的生产技术,并陆续投入了生产。这些数控系统性能比较完善,稳定性和可靠性都比较好,在数控机床上采用后,得到了用户的认可,结束了我国数控机床发展徘徊不前的局面,使我国数控机床在质量、性能及水平上有了一个飞跃。到 1985 年,我国数控机床的品种累计达 80 多种,数控机床进入了实用阶段。

1986 年至 1990 年期间,是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”,以及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收”等,推动了我国数控机床的发展。

1991 年以来,一方面从日本、德国、美国等国家购进数控系统,另一方面积极开发、设计、制造具有自主知识产权的中、高档数控系统,并且取得了可喜的成果。我国的数控产品已覆盖了车、铣、镗铣、钻、磨、加工中心及齿轮机床、折弯机、火焰切割机、柔性制造单元等,品种达 300 多种。中、低档数控系统已达到小批量生产能力。

机床的数控化率是标志一个国家机床工业和机械制造业水平的一个重要指标。数控机床不断发展与完善的目的在于扩大使用范围、提高工作可靠性和控制精度、降低成本以及便于使用维修等。20 世纪末,随着数控技术的不断完善和数控加工的广泛应用,不仅使数控机床的自动诊断和自动编程系统有了很大发展,而且也出现了各种新型的数控系统,其中主要的几个发展动向是:

1. 小型计算机数控 (CNC)

小型计算机数控就是用一台小型通用计算机代替原来数控装置中的逻辑电路完成数控功能。为了使小型计算机具有规定的数控功能,必须预先为其编制程序,并将它储存到内存储器中,称此为“系统程序”。系统程序一经输入,小型计算机的控制逻辑即被确定。改变系统程序,就可改变其数控功能。这里须指出的是系统程序与用来控制机床加工的“零件程序”不同,系统程序决定小型计算机中固定的工作逻辑,零件程序则决定机床的运动指令。

2. 微机数控系统 (MNC)

目前微机数控系统逐渐取代 NC 系统和 CNC 系统。由于微机体积小,内存容量大,可充分利用软件设计扩大其使用性能。一般 MNC 均兼有穿孔纸带和键盘输入,在只读存储器中固化有大量典型的循环子程序可供调用,以减轻编程工作量。全功能 MNC 系统均备有荧光屏显示,显示编程、加工执行程序的情况。该系统还能对微机各组成部分如输入装置、伺服放大装置等进行监控,当出现故障时,则自动停车、报警及故障显示,根据显示的代码便能容易地找出故障的位置与原因。

3. 经济型数控 (ENC)

经济型数控又称简易数控,是根据生产需要而制造的功能比较单一、系统比较简单、价格低廉的一种简易数控系统,主要是针对普通机床的改造。这类数控机床结构小巧、工作可靠、编程简单、操作方便、宜用于成批生产、加工形状较简单的零件。由于它特别适用于普通机床的改造,所以目前我国正大力推广这种经济型数控系统,即采用单板机或单片机作控制机,用键盘输入,具有直线和圆弧插补、刀具补偿、螺纹切削、单一固定循环选择等功能,伺服电动机一般采用功率步进电动机。国外的简易数控几乎都采用了微处理器,操作者可以直接利用操作板上的数码按键,把加工数据输入到内存储器中,加工时则从存储器中取出数据。这种简易数控的工作方法基本上与 CNC 一样,但系统和功能要简单得多。

4. 自动换刀数控系统 (MC)

自动换刀数控系统也称加工中心 (Machining Center, 简称 MC), 如图 0-2 所示, 是一种能实现多工序加工的数控系统。这类系统控制的机床一般配有机械手和刀库 (可存放 16~100 把刀具), 工件经一次装夹, 数控系统就能控制机床自动地更换刀具, 连续对工件的各个加工面自动地完成铣削、镗削、铰孔、扩孔及攻螺纹等多工序加工。

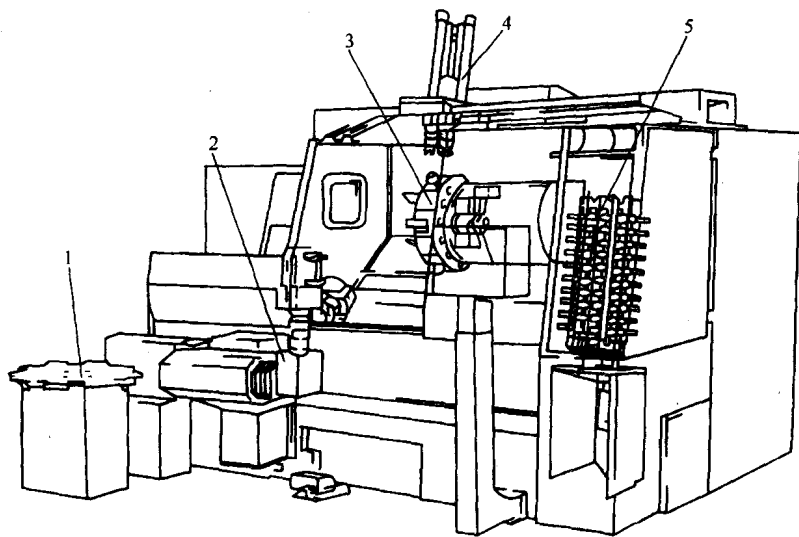


图 0-2 车削加工中心

1—零件库 2—上、下料机械手 3—转塔刀架 4—换刀机械手 5—轮鼓式刀库

5. 自适应控制系统 (AC)

自适应控制系统 (Adaptive Control, 简称 AC) 是 20 世纪 60 年代末发展起来的高精度、高效益的数控系统, 目前有的 MNC 系统兼有 AC 功能。数控机床一般是按预先编好的程序进行控制, 但随机因素难以预测, 如毛坯余量和硬度的不

均匀, 刀具的磨损等。为了确保质量, 势必在编程时采用较保守的切削用量, 从而降低了加工效率。AC 系统可对机床主轴转速、功率、切削力、切削温度、刀具磨损等参数值进行自动检测, 并由中央处理单元 (Central Processing Unit, 简称 CPU) 进行比较运算后, 发出修改主轴转速和进给量大小的信号, 确保 AC 处于最佳切削用量状态, 从而在保证质量条件下使加工成本最低或生产率最高。AC 系统主要在宇航等工业部门用于特种材料的加工。

6. 计算机群控 (DNC)

计算机群控是用一台大型通用计算机为数台数控机床进行自动编程, 并直接控制一群数控机床的系统。根据机床与计算机结合方式的不同, 计算机群控大致可分为间接型、直接型和计算机网络等三种不同的方式。

在间接型群控系统中, 把来自通用计算机存储的程序, 通过连接装置分别送到机床群中每台机床的普通数控装置中去。大型通用计算机也称中央计算机, 它具有足够的内存容量, 可以统一存储和管理大量的零件程序。

在直接型群控系统中, 机床群中的每台数控机床不必再带有普通的数控装置, 只需装设具有伺服控制电路和操作板的机床控制装置即可, 而机床的数控功能和插补运算功能全部由中央计算机来完成, 这些功能集中到一个“分时多路数控装置”中, 再与中央计算机构成一个完整的群控系统。在这种系统中各台数控机床不能独立工作, 一旦计算机出了故障, 各台数控机床都将停止运行。

在计算机网络群控系统中, 各台数控机床都有其独立的、由小型计算机构成的数控系统, 并与中央计算机联成网络, 实现分级控制。由于每台数控专用计算机价格比较便宜, 又都有应用软件, 并且相对具有独立性, 所以整个网络不再由一台计算机去分时完成所有数控装置的功能, 全部机床可连续进行工作。

7. 柔性制造系统 (FMS)

柔性制造系统也叫做计算机群控自动线 (Flexible Manufacturing System, 简称 FMS), 如图 0-3 所示。就是将一群数控机床用自动传输系统连接起来, 并置于一台主计算机的统一控制之下, 形成一个用于制造的整体。也就是说, 它是由若干 CNC 设备、物料运储装置和计算机控制系统组成的整体, 并能根据制造任务和生产品种的变化而迅速进行调整的自动化制造系统。

柔性制造系统的特点是由一台主计算机对全系统的硬、软件进行管理, 采用 DNC 方式控制两台或两台以上的数控加工中心机床, 对各台机床之间的工件有调度和自动传送的功能。利用交换工作台或工业机器人 (见图 0-4) 等装置实现工件的自动上料和下料, 能使机床每天 24h 均能在无人或极少人的监督控制下进行生产。如日本 FANUC 公司有一条 FMS, 由 60 台数控机床、52 个工业机器人、两台无人自动搬运车、一个自动化仓库组成, 这个系统每月能加工 10000 台伺服电动机。

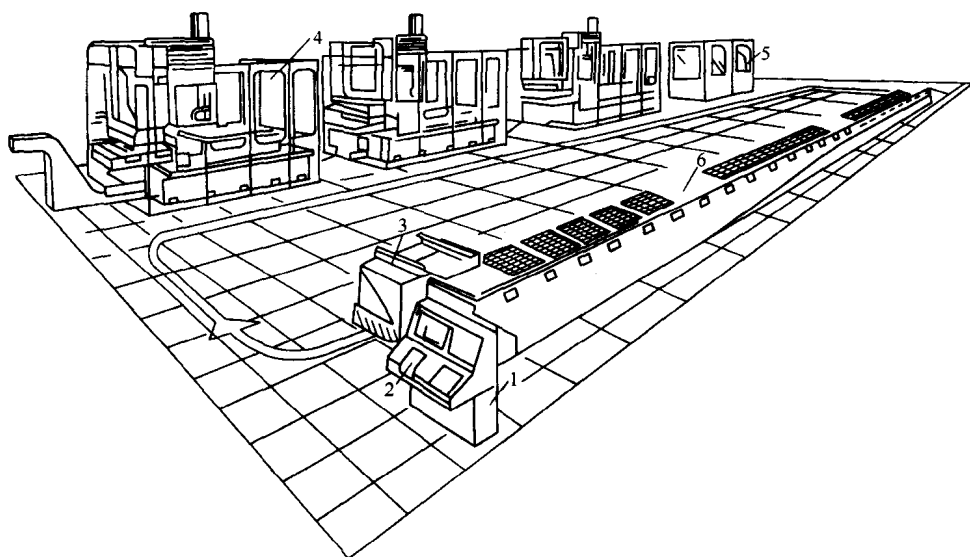


图 0-3 加工箱体零件的柔性制造系统

1—带有纪录生产数据的主计算机控制与主计算机接口 2—生产数据记录打印 3—感应式无轨小车 4—卧式镗铣加工中心 5—零件清洗站 6—托盘与上、下料工作站

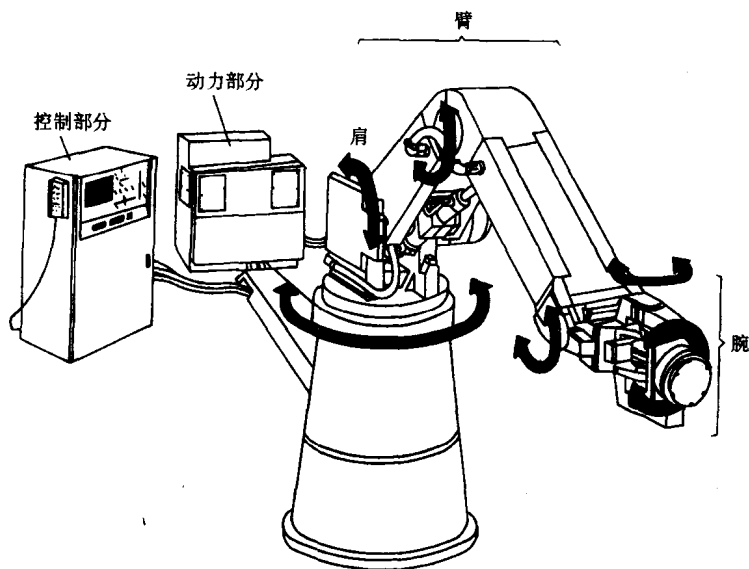


图 0-4 工业机器人

8. 计算机集成制造系统 (CIMS)

计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, 简称 CIMS) 是在信息技术、自动化技术、计算机技术及制造技术的基础上, 通过计算

机及其软件将制造工厂生产、经营的全部活动（包括市场调研、生产决策、生产计划、生产管理、产品开发、产品设计、加工制造、质量检验及销售经营等）与整个生产过程有关的物料流与信息流实现计算机系统化的管理，把各种分散的自动化系统（也称自动化孤岛，Islands of Automation）有机地集成起来，构成一个优化的完整生产系统，从而获得更高的整体效率，缩短产品开发制造周期，提高产品的质量，提高生产率，提高企业的应变能力。

图 0-5 是 CIMS 技术集成关系图，它表明了 CIMS 主要是通过计算机信息模块，把工程设计、经营管理和加工制造三大自动化子系统集成起来的示意情况。

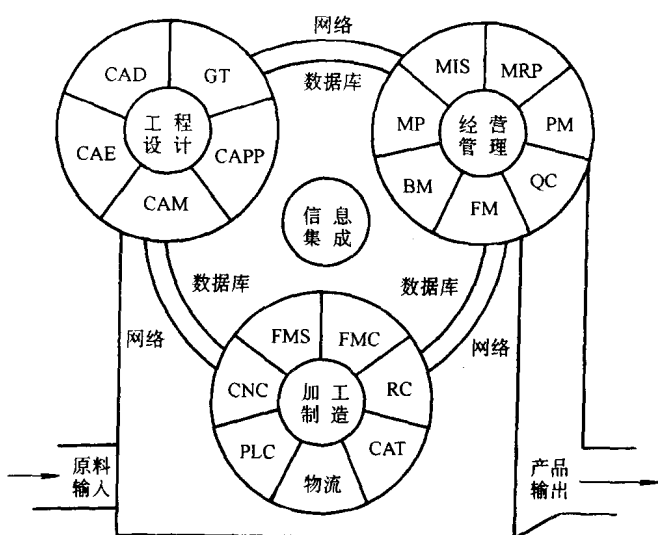


图 0-5 CIMS 技术集成关系图

三、数控机床的发展趋势

随着科学技术的发展，现代机械制造要求产品的形状和结构不断改进，对零件加工质量的要求也越来越高。随着社会对产品多样化需求的增强，产品品种增多，产品更新换代加速。这就要求数控机床成为一种具有高效率、高质量、高柔性和低成本的新一代制造设备。尤其是随着 FMS 的迅猛发展和 CIMS 的兴起和不断成熟，对机床数控系统提出了更高的要求。现代数控机床正向着更高的速度、更高的精度、更高的可靠性及更完善的功能发展。

1. 智能化

在数控机床工作过程中，有许多变量直接或间接影响加工效果，如工件毛坯余量不均匀、材料硬度不一致、刀具磨损或破损、工件变形、机床热变形、化学亲和力、润滑和切削液等因素。这些变量是事先难以预测的，编制加工程序时往

往凭经验数据,而实际加工时,难以用最佳参数进行切削。现代数控机床采用了自适应控制技术,它根据切削条件变化而自动调整并保持最优工作状态,从而使得经济效果好、加工精度和表面质量高。

另外,在现代数控机床上装有各种类型的监控、检测装置,如红外线、声发射等检测装置,对工件及刀具进行监测,并监视加工全过程。一旦发现工件尺寸超差、刀具磨损破损,便立即报警,并给予补偿或调换刀具。

2. 高速度化

现代机床数控系统多采用 32 位 CPU (目前已经开发出了 64 位 CPU 的新型数控系统) 和多 CPU 并行技术,使运算速度得到了很大提高。与高性能数控系统相配合,现代数控机床采用了交流数字伺服系统。伺服电动机的位置环、速度环及电流环都实现了数字化,并采用了不受机械负荷变动影响的高速响应伺服驱动技术。

同时,高分辨率、高响应的绝对位置检测器也已应用到数字伺服系统中,这种检测器每转可进行 100 万细分,可在 10000r/min 的高速运转中使用。

此外,提高主轴转速、减少非切削时间,采用快速插补、超高速通信技术等,都使现代数控机床的切削速度得到很大的提高。

3. 高精度化

高精度化一直是机床数控技术发展追求的目标,在 20 世纪末已取得明显的效果。普通级中等规格的加工中心的定位精度已从 20 世纪 80 年代初的 $\pm 12\mu\text{m}/300\text{mm}$, 提高到 $\pm (0.15\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m})/1000\text{mm}$, 重复定位精度由 $\pm 2\mu\text{m}$ 提高到 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 。

现代数控机床通常采用以下技术来提高精度:

1) 利用数控系统的补偿功能,提高其加工精度和动态特性。例如补偿轴向运动误差、丝杠导程误差、齿轮间隙误差、刀具磨损误差等。在新一代数控系统中,还开发了具有热补偿、空间误差补偿功能的传感器件和软件。

2) 采用高分辨率、高响应性的绝对位置传感技术,实现切削加工的精密检测。如这种传感器检测到的绝对位置信号,通过专用微处理器进行细分处理,可达到极高的分辨率,现已生产出配套的专用芯片,大大提高了使用精度和可靠性。

3) 采用数字式伺服控制技术,该技术是基于现代控制理论而构成的反馈控制技术。该技术引入的现代控制技术有:非线性补偿技术,消除机床静摩擦引起的误差;鲁棒控制技术,实现加速度反馈,减小因负载变动而引起的误差;前馈控制技术,使伺服系统的追踪滞后减少一半,改善拐角切削加工精度;加减速控制技术,可在插补前后进行平滑的加减速控制,可使系统形状误差减至最小,保证系统具有高精度、高速度双重性能;低噪声电动机技术,保证控制系统获得高增

益, 目前生产的低噪声电动机, 其噪声水平已降到额定值的 0.5% 以下。

4) 提高数控机床机械本体中基础大件的结构刚性和热稳定性。

4. 高可靠性

现代数控机床的可靠性是在设计阶段就开始进行, 即预先确定可靠性指标, 在生产过程中模拟实际工作条件, 进行检测并采取各种提高可靠性的措施予以保证。通常采用的可靠性技术有: 冗余技术, 故障诊断技术, 自动检错、纠错技术, 系统恢复技术, 软件可靠性技术等。

现代数控机床还采取了以下措施来提高数控系统的可靠性:

1) 提高元器件和系统的可靠性。新型的数控系统大量采用大规模或超大规模的集成电路, 采用专用芯片及混合式集成电路, 使电路的集成度提高, 元器件数量减小, 功耗降低, 从而大幅度降低系统的故障率。

2) 采用抗干扰技术, 提高数控系统对环境的适应能力。例如采取滤波、隔离、屏蔽、合理接地等抗干扰措施。

3) 使数控系统模块化、通用化和标准化。数控系统的硬件被制成多种功能模块, 根据机床数控功能的要求, 选择不同的模块, 还可以自行扩展或裁剪, 组成满意的数控系统。模块化、标准化、通用化的实现, 不但便于组织开发、生产和应用, 而且提高了可靠性。

4) 提高自诊断及保护功能。数控系统一般都具有软件、硬件及故障的自诊断程序, 为了防止超程, 可以在系统内预先设定工作范围, 避免由于限位开关的不可靠而造成轴端超程。数控系统还具有自动返回功能, 当机床在加工过程中, 出现某种特殊情况时, 例如由于刀具断裂等原因造成加工中断时, 数控系统能将刀具位置保存起来。在更换刀具后, 只要重新输入刀具的有关数据, 刀具就能自动回到正确位置, 保证通电后继续工作, 不让工件报废。

5. 多功能复合化

现代数控机床的多功能复合化发展, 主要体现在以下几个方面:

1) 大多数数控机床都具有 CRT 图形显示功能, 可以进行二维图形的轨迹显示, 有的还可以显示三维彩色动态图形。

2) 大多数数控机床都具有人机对话功能, 都有很“友好”的人机界面。借助 CRT 与键盘的配合, 可以实现程序的输入、编辑、修改、删除等功能。此外还具有前台操作、后台编辑的功能, 并大量采用菜单选择操作方式, 操作更加简便。

3) 现代数控系统具有更高更强的通信功能, 除了能与编程机、绘图机等外部设备通信外, 还应能与其他 CNC 系统通信, 或与上级计算机通信, 以实现 FMS 的进线要求。因此, 除了 RS-232C 串行通信接口外, 还有 RS-422 和 DNC 等多种通信接口。MAP 工业控制网络也在数控机床联网上得到了应用, 为数控机床进入 CIMS 创造了条件。

思考题与习题

- 0-1 简述数控机床与普通机床的根本区别。
- 0-2 新型数控系统的发展动向主要有哪些？现代数控机床有哪几个方面的发展趋势？
- 0-3 数控机床的“系统程序”与数控机床加工的“零件程序”有什么不同？
- 0-4 什么叫做数控？什么叫做计算机数控？什么是数控机床？